Messung von Intensitätsverhältnissen in der Hauptserie des Cäsiums

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde

der Hohen Philosophischen Fakultät
der Universität Rostock

vorgelegt von

Hans Wolrad Wolff
aus Rostock

1 9 2 9

Johann Ambrosius Barth in Leipzig

Referent: Prof. Dr. Chr. Füchtbauer

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Sonderdruck aus „Annalen der Physik“
5. Folge, Band 3, Heft 3. 1929

Druck von Metzger & Wittig in Leipzig 172

Messung von Intensitätsverhältnissen in der Hauptserie des Cäsiums

(Mit 3 Figuren)

§ 1. Einleitung

Die direkte Bestimmung des Intensitätsverhältnisses von zwei Spektrallinien geschieht nach zwei Methoden. Man photographiert entweder die Absorptionslinien der betreffenden Substanz, nachdem man durch Zusatz von Fremdgasen oder Erhöhung des Eigendruckes die zur optischen Auflösung nötige Breite der Linien erhalten hat, oder man photographiert die elektrisch, thermisch oder optisch angeregten Emissionslinien. Bei beiden Methoden werden dann die Schwärzungen der Linien und einer auf dieselbe Platte exponierten Intensitätsmarkenskala bekannter Intensitätsverhältnisse photometriert. Die Intensitätsmarkenskala liefert die Plattencharakteristik, d. h. den Zusammenhang zwischen aufgefallener Intensität und Schwärzung, der jeweils eine Funktion der Platte und des Entwicklungsprozesses ist. Die Linienschwärzungen können dann mit Hilfe dieser Charakteristik in Intensitäten umgerechnet werden. Intensitätsverhältnisse der Duplettkomponenten in der Hauptserie des Cäsiums sind von Füchtbauer und Hofmann[1]), sowie Bartels[2]) und Füchtbauer und Meier[3]) nach der Absorptionsmethode bestimmt worden. Während diese Methode theoretisch sehr durchsichtig und eindeutig ist, da Ausgangsniveau der beiden Linien der gemeinsame s-Term ist, ist sie rein meßtechnisch nur beschränkt anwendbar. Bei etwas größerem Intensitätsverhältnis geschieht die richtige

1) Chr. Füchtbauer u. W. Hofmann, Ann. d. Phys. **43**. S. 96. 1914.

2) H. Bartels, Ann. d. Phys. **65**. S. 143. 1921.

3) Chr. Füchtbauer u. H. Meier, Phys. Ztschr. **27**. S. 853. 1926.

Absorption der stärkeren Komponente sehr leicht auf Kosten der schwächeren, die dann also zu schwach absorbiert ist, so daß die Flügel der Linie nur ungenau gemessen werden können. Nach der Emissionsmethode sind Messungen von Dorgelo[1]), Oudt[2]), Kohn und Jakob[3]), Filippov[4]) sowie Sambursky[5]) an Alkalilinien ausgeführt worden. Bei dieser Methode ist das Intensitätsverhältnis von zwei Linien eventuell nicht unabhängig von der Anregung, da in der Hauptserie der angeregte Term der Emissionslinie den Dublettcharakter trägt. Eine weitere Schwierigkeit bietet die Selbstabsorption des emittierten Lichtes in der leuchtenden Schicht, die das Intensitätsverhältnis auf Kosten der stärkeren Komponente fälscht. In der vorliegenden Arbeit lag uns daran, neben diesem Punkt noch einen zweiten einwandfreier zu behandeln, als es bei den bisherigen Emissionsmessungen geschehen ist. Alle bisherigen Messungen litten an einer gewissen Undefiniertheit der Druckverhältnisse. Sie wurden teils an den in Flammen zerstäubten Salzen der Alkalimetalle, teils an dem mit dem betreffenden Salz beschickten Kohlebogen, teils an Spektralröhren, in denen der eigentliche Entladungsträger ein Edelgas war, gemacht. Von theoretischer Seite ist zuweilen geltend gemacht worden, die Abweichung der experimentell gefundenen I.V.[6])-Werte von dem theoretisch begründeten Gesetz, nach dem das I.V. aller Alkalihauptseriendubletts 1 : 2 sein müßte, sei auf den Einfluß von Fremdgas zurückzuführen. Unsere Methode unterscheidet sich wesentlich darin von den bisherigen, daß das Cäsium im Hochvakuum verdampft wurde, so daß ein Einfluß des Fremdgases (Edelgas in der Spektralröhre, atmosphärische Luft im Kohlebogen und in der Flamme) eliminiert wurde.

§ 2. Das Versuchsrohr

Aus dem oben Gesagten geht hervor, daß ein elektrisches Entladungsrohr, in dem lediglich der Cäsiumdampf Entladungs-

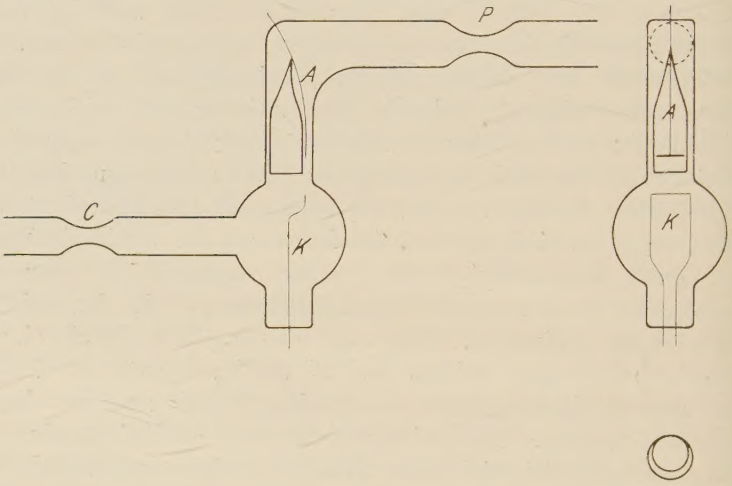
1) H. B. Dorgelo, Diss. Utrecht 1924.
2) F. W. Oudt, Ztschr. f. Phys. **33**. S. 656. 1925.
3) H. Kohn u. H. Jakob, Phys. Ztschr. **27**. S. 819. 1926; Ann. d. Phys. **86**. S. 449. 1928.
4) A. Filippov, Ztschr. f. Phys. **36**. S. 477. 1926; **42**. S. 495. 1927.
5) S. Sambursky, Ztschr. f. Phys. **49**. S. 731. 1928.
6) I.V. = Intensitätsverhältnis.

träger ist, den Anforderungen des Problems am meisten gerecht wird, sofern es gelingt, bei möglichst geringem Wert des Produktes Dampfdruck × Dicke der leuchtenden Schicht die Cäsiumatome zu genügend intensiver Emission anzuregen. Wir machten eine große Reihe von Vorversuchen, um die günstigste Röhrenform und Betriebsart auszuprobieren. Es stellte sich zunächst heraus, daß eine gewöhnliche selbständige Glimmentladung hier nicht zum Ziel führte, auch eine Tesla-Hochfrequenz-Entladung ließ sich nicht zünden. Man konnte nicht das Hin- und Herpendeln der stoßenden Teilchen zur Erhöhung der Stoßausbeute ausnutzen, wohl weil bei den großen Geschwindigkeiten der stoßenden Teilchen in der kurzen Halbperiode des hochfrequenten Wechselstroms bereits der ganze zur Verfügung stehende Weg zwischen den Elektroden durchlaufen ist, und der Vorzug von Wechselstrom gegenüber Gleichstrom derselben Spannung gar nicht zur Geltung kommt. Wir gingen deshalb zu einer Entladung mit Glühkathode über. Hier zeigte es sich, daß die übliche Form der Spektralröhren mit einer Kapillaren an der Beobachtungsstelle den Stromdurchgang durch negative Wandaufladung auf der Kathodenseite stark behinderte. Erst als die Kapillare durch einen mondsichelförmigen Schlitz ersetzt wurde, konnte das Rohr bei dem nötigen geringen Cäsiumdampfdruck zum Leuchten gebracht werden. Der Schlitz bietet dem Elektrizitätsdurchgang offensichtlich viel mehr Fläche als eine Kapillare, deren Durchmesser von derselben Größe wie die beobachtete weiteste Stelle des Schlitzes ist. Mit dem Einführen einer Wolframglühkathode trat als neue Forderung eine nicht zu lange Belichtungszeit auf, da sich bei längerem Betrieb die ganze Glaswand des Rohres einschließlich der Beobachtungsstelle durch Zerstäuben des Wolframs allmählich schwärzte, und so die Lebensdauer eines Rohres relativ beschränkt war.

Fig. 1 zeigt das Entladungsrohr in seiner endgültigen Form. Es bestand aus Gundelachglas, in das die Elektroden vermittels Platin in Verbindung mit dem Einschmelzglas 397^{III} eingeschmolzen waren. Die Glühkathode K war ein an Nickelhaltern befestigter Wolframdraht von 0,1 mm Stärke, dessen Form dem darüber befindlichen Entladungsschlitz angepaßt war. Die Anode A war ein ebenfalls in Form des

Schlitzes gebogener Platindraht, an dessen Nickelhalter ein zylindrisches Röhrchen zur rückwärtigen Begrenzung des Entladungsschlitzes befestigt war, und zwar so, daß die Anode völlig in den gebildeten Schlitz hineinragte. Die Höhe des Schlitzes betrug 4 mm, die größte Dicke 2—2,3 mm.

Nachdem das Rohr bei *P* an die Pumpe geschmolzen war, wurde es in einem elektrischen Ofen auf 450° C stundenlang unter dauerndem Pumpen erhitzt. Das Pumpaggregat bestand aus einer dreistufigen Quecksilberdiffusionspumpe aus



Versuchsrohr

Fig. 1

Supraxglas mit Gasheizung und einer rotierenden Ölpumpe von Leybold als Vorpumpe. Das Vakuum konnte mit einem Mac Leod gemessen werden. Die Abkühlung des Ofens geschah bis 350° C sehr langsam, um die letzten aus dem Glas austretenden Gasmengen vollständig abpumpen zu können, auf eine Stunde ausgedehnt, von da ab möglichst schnell, damit so wenig wie möglich Gas aus den tiefer gelegenen Glasschichten an die Oberfläche diffundierte und eventuell beim Betrieb des Rohres abgegeben wurde. Zum Schluß wurde bei kaltem Rohr der Glühdraht mit einem höheren Strom geheizt, als er später bei den Aufnahmen je wieder zur Verwendung gelangte, und

zwar wurde die Kathode zum „Atmen“ gebracht, d. h. nach 20 Sek. Glühdauer wurde der Glühstrom ausgeschaltet und einige Minuten nur gepumpt. Das wurde $^1/_2$—1 Stunde wiederholt.

Das Cäsium wurde durch Erhitzen mit Calcium aus dem Chlorid gewonnen und durch mehrmaliges Destillieren in kleinen Portionen direkt an der Pumpe von absorbierten Gasmengen befreit. Es kam niemals mit Luft oder schlecht entgasten Glaswänden in Berührung. Es befand sich schließlich in einer kleinen Glaspatrone, deren eine Seite zu einer dünnwandigen Kugel aufgeblasen war. Diese wurde an der Apparatur mit einem Eisenstück magnetisch zertrümmert, das Cäsium ins Rohr destilliert und bei *C* abgeschmolzen. Darauf wurde das ganze Rohr von der Pumpe abgeschmolzen.

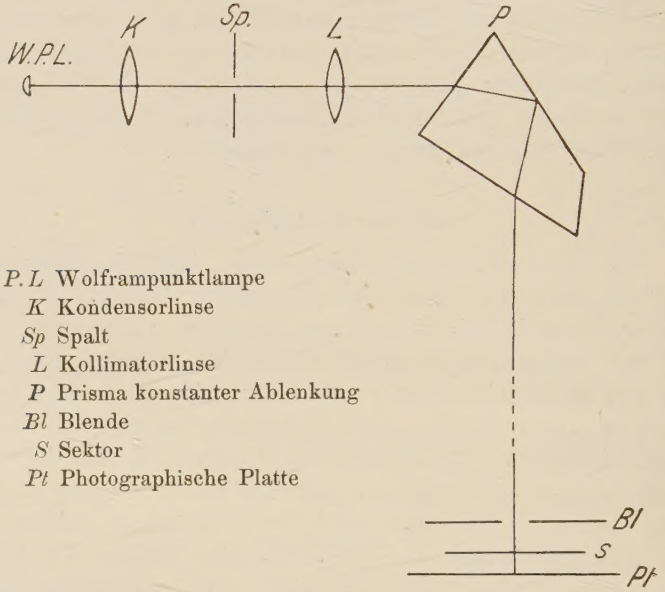
§ 3. Der Spektrograph.

Das abgeschmolzene Rohr wurde jetzt in einem elektrischen Ofen vor dem Spektrographen justiert, d. h. der Schlitz *S* wurde mit Hilfe einer Linse in natürlicher Größe auf den Spektrographenspalt abgebildet. Der Spektrograph war ein Einprismenapparat mit Glasoptik. Er hatte ein Öffnungsverhältnis von $^1/_{20}$. Die Dispersion betrug für das blaue Cäsiumdublett bei $\lambda = 4555$ ÅE 14,5 ÅE/mm, so daß die beiden Dublettkomponenten 2,56 mm auf der Platte voneinander entfernt waren. Für das nächste ultraviolette Dublett bei $\lambda = 3876$ ÅE lauten die entsprechenden Zahlen 7,4 ÅE/mm und 1,66 mm Komponentenabstand. Die Spaltbreite konnte daher immer $^3/_{10}$ mm betragen, so daß beim Photometrieren ein von Randeffekten völlig freier Kern der Linie ausgemessen werden konnte.

§ 4. Die Intensitätsmarken

Die Intensitätsmarkenskala wurde nach der Methode des rotierenden Sektors hergestellt (Fig. 2). Eine Wolframpunktlichtlampe der Fa. Osram wurde auf einen Spalt in ungefähr gleicher Größe abgebildet. Ein Prisma konstanter Ablenkung (Pellin-Broca) aus Uviolglas zerlegte das Licht spektral, und kurz vor der Platte wurde der jeweils benutzte Spektralbezirk ausgeblendet. Die Lampe stand bei den Aufnahmen quer zur

Spaltrichtung, damit nicht die Wärmeleitung des Metallhalters der glühenden Wolframhalbkugel eine unregelmäßige Beleuchtung in Richtung des Spaltes hervorrief. Eine ganz geringe Unschärfe in der Figur auf den Spalt war sehr zweckmäßig, da sich sonst Struktur der glühenden Oberfläche, hervorgerufen durch Rauhigkeiten oder lokale Gasausbrüche aus dem glühenden Metall, unliebsam bemerkbar machten. Die Abstände Spalt–Kollimator und Kollimator–photographische Platte waren so ge-



W.P.L Wolframpunktlampe
K Kondensorlinse
Sp Spalt
L Kollimatorlinse
P Prisma konstanter Ablenkung
Bl Blende
S Sektor
Pt Photographische Platte

Strahlengang zur Herstellung der Intensitätsmarkenskala (Grundriß)

Fig. 2

wählt, daß der Spalt in 15facher Vergrößerung auf die Platte exponiert wurde. Der rotierende Sektor befand sich unmittelbar vor der Platte auf der Achse eines kleinen Rührmotors. Die Intensitätsmarkenskala bestand aus sieben Marken in folgender Intensitätsabstufung:

100, 57,6, 33,14, 16,59, 8,22, 4,03, 2,28 Proz.

Die Werte wurden aus der Messung der Sektorwinkel gewonnen, die bis auf 0,3° genau ist. Das bedeutet für den

kleinsten Winkel von 8,2° eine Genauigkeit von 3,7 Proz. Eine spektrale Vorzerlegung schien nötig, da nach Untersuchungen von Fabry und Buisson[1]) der Konstrastfaktor einer Platte gerade im nahen Ultraviolett stark wellenlängenabhängig ist. Der Sektor rotierte mit einer Frequenz von etwa 10 Umdrehungen pro Sekunde. Die richtige Schwärzung der Intensitätsmarkenskala wurde durch Variation der Lampenbelastung im Bereich von 2—4 Amp., sowie durch verschieden starke Rauchgläser erreicht. Um die gleichmäßige Beleuchtung des Spaltes und die Ausleuchtung der Apparatur zu prüfen, wurde auf jede Platte eine Aufnahme bei ruhendem Sektor mit mittlerer Schwärzung photographiert. Als einwandfrei wurden nur solche Platten angesehen, auf denen dieser Streifen in Richtung des Spaltes keine größeren Intensitätsunterschiede als 3—4 Proz. aufwies. Die durch die 15 fache Vergrößerung verursachte Empfindlichkeit in bezug auf Ausleuchtung hatte uns zu dieser Vorsichtsmaßregel veranlaßt.

§ 5. Das Plattenmaterial und die photographische Entwicklung

Sämtliche Aufnahmen wurden auf Eisenberger Ultrarapidplatten gemacht, die hinsichtlich der Empfindlichkeit wohl noch übertroffen werden können, aber in bezug auf Gleichmäßigkeit der Schicht und Schleierfreiheit eine ganz hervorragende Stellung unter den empfindlicheren Plattensorten einnehmen. Auch haben sie ein relativ feines Korn, was für photometrisches Arbeiten sehr angenehm ist. Die Platten wurden mit dem Eisenoxalatentwickler nach Eder entwickelt [Rezept nach G. Eberhard[2])]. Aus Eberhards sehr umfangreichem Untersuchungsmaterial geht hervor, daß dieser Entwickler der einzige ist, der ohne den sogenannten Nachbareffekt entwickelt. Eine Entwicklungsdauer von 15 Minuten bei 17° C ergab völlig ausentwickelte, schleierfreie Platten, die in destilliertem Wasser gewässert, in nicht saurer Natriumthiosulfatlösung fixiert und dann in gewöhnlichem Leitungswasser wieder gewässert wurden. Der Entwickler erfordert große Reinheit der Reagenzien und

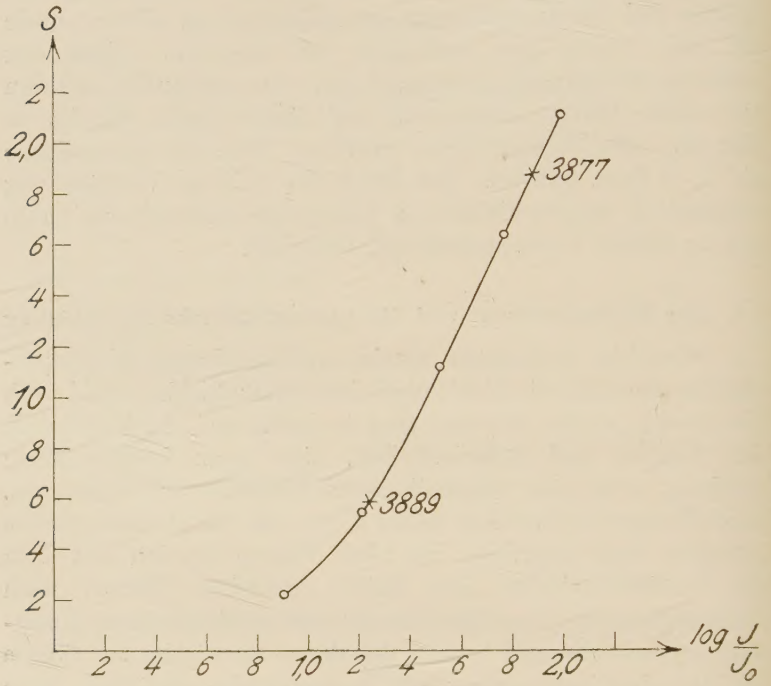
1) Ch. Fabry u. H. Buisson, Journ. de phys. et le Radium 5. S. 97. 1924.

2) G. Eberhard, Publ. Astrophys. Obs. Potsdam 26. Heft 1. 1926.

vor allem ausschließliche Verwendung von gut destilliertem Wasser, da der Calciumgehalt des Leitungswassers einen schwer zu beseitigenden milchigen Schleier von Calciumoxalat auf der Platte hervorruft. Die Plattencharakteristik verlief ziemlich steil, der Kontrastfaktor war meistens 2.

§ 6. Die Photometrierung

Die Schwärzungen auf der Platte wurden mit einem im hiesigen Institut von Hrn. Privatdozenten Dr. Waibel kon-



Plattencharakteristik (o Intensitätsmarken, + Spektrallinien)

Fig. 3

struierten lichtelektrischen Photometer gemessen, bei dem ein Galvanometer hoher Empfindlichkeit die Photoströme der lichtelektrischen Zelle mißt.[1]) Versteht man wie üblich unter Schwärzung den Ausdruck $S = \log \frac{u_0}{u}$, worin u_0 ein Maß für das

1) F. Waibel, Ztschr. f. Phys. 53. 459. 1929.

durch eine unbelichtete Stelle der Platte hindurchgehende Licht, u ein Maß für das an der zu messenden Stelle hindurchgehende Licht ist, so entsteht die Charakteristik der Platte, wenn man die gemessenen S-Werte der Intensitätsmarken als Ordinaten gegen die Logarithmen der dazu gehörigen, sich aus den verschiedenen Sektorwinkeln ergebenden Intensitätswerte als Abszissen aufträgt. Liegen die Schwärzungen der Spektrallinien innerhalb des Schwärzungsbereiches der Intensitätsmarkenskala, so kann man durch Interpolation an der Charakteristik das Verhältnis der Intensitäten der Spektrallinien finden. Da das Photometer noch Schwärzungen 2,0—2,3 bis auf wenige Prozente genau mißt, konnten die Aufnahmen so stark geschwärzt werden, daß auch die schwache Komponente im günstigsten geradlinigen Teil der Schwärzungskurve lag. Fig. 3 zeigt eine von den erhaltenen Kurven, aus der man sieht, wie ausgedehnt der benutzbare geradlinige Teil bis hinauf zur Schwärzung 2,1 ist.

§ 7. Andere experimentelle Einzelheiten

Bei den Aufnahmen ließen wir uns rein meßtechnisch von folgenden Gesichtspunkten leiten, die die Genauigkeit der photometrischen Messung nicht unwesentlich erhöhen. Die Aufnahmen mußten unter allen Umständen frei von kontinuierlichem Grund sein. Dies war durch die Stellung des Glühfadens zur Beobachtungsstelle der Entladung gewährleistet. Ferner war durch die sorgfältige Entgasung der Röhre und die Reinigung des Cäsiums vermieden, daß sich im Rohr kontinuierlich emittierende Gase, wie z. B. Wasserstoff befanden. Günstig für die Verminderung des kontinuierlichen Grundes wäre im Notfall auch die relativ große Dispersion des Spektrographen gewesen.

Ferner wurden alle Aufnahmen recht kräftig geschwärzt, so daß auch die schwächere Komponente immer im geraden Teil der Plattencharakteristik lag. Die stärkere Komponente war auch dann noch dank der ausgezeichneten Linearität der Charakteristik sehr gut zu messen.

Die Breite der auszumessenden Linien betrug immer 0,2 bis 0,3 mm, was nur durch die relativ große Dispersion des Spektrographen und die gänzliche Abwesenheit von kontinuier-

lichem Licht möglich war. Schon diese Forderungen sprechen, abgesehen von den obengenannten prinzipiellen Bedenken, für eine reine Cäsiumentladung im Hochvakuum. Bei Anwesenheit von Fremdgasen oder Edelgasfüllung ist man in der Regel gezwungen, den Spalt relativ eng zu machen ($< 0{,}1$ mm), um kontinuierliches Licht von Flamme und Kohlebogen zu vermeiden bzw. den Edelgaslinien in unmittelbarer Nähe der Alkalidubletts auszuweichen.

Wir haben die Erfahrung gemacht, daß das Nichteinhalten dieser experimentellen Forderungen das I.V. in der Regel nach einer Seite fälscht, und zwar wird dann immer die schwächere Linie zu schwach gemessen, der Unterschied der beiden Linien also fälschlich vergrößert. Im Falle eines zu engen Spaltes ($< 0{,}1$ mm) wird die Photometrierung der zu schmalen Linie durch Randeffekte gestört, die natürlich die schwächere Linie stärker beeinflussen als die stärkere. Zieht man kontinuierlichen Grund von den Linienintensitäten ab, oder hat man zu geringe Schwärzungen auf der Platte, so fälscht eine wahrscheinlich im Prinzip immer gleiche Unsicherheit in den geringen Schwärzungen der Charakteristik das Resultat. Man müßte hier dichter zusammenliegende bis an den Schwellenwert der Platte reichende Intensitätsmarken haben, um den stark gekrümmten Teil der Charakteristik genau genug festlegen zu können. Viel richtiger ist es aber, dieses Gebiet, wie hier geschehen, gänzlich zu vermeiden.

§ 8. Die Resultate

Die Aufnahmen des Cäsiumdubletts $1s - 3p_1$ $\lambda = 4593$ ÅE; $1s - 3p_2$, $\lambda = 4555$ ÅE wurden in einem Temperaturbereich von 101—116° C gemacht, die Temperatur wurde in dem elektrischen Ofen mit einem Quecksilberthermometer gemessen. Das Cäsium war so in das Rohr hineindestilliert, daß sich in der Entladungsbahn keine makroskopischen Cäsiumtropfen befanden. Auf diese Weise wird der Dampfdruck im Gleichgewichtszustand durch die kälteste Stelle des Rohrs bestimmt, so daß durch die Entladung hervorgerufene lokale Temperaturerhöhungen nicht berücksichtigt zu werden brauchen. Nach Einschalten der Entladung wurde gewartet, bis die Temperatur konstant war und dann die Aufnahme gemacht. In Tab. 1

sind die Resultate der aus einer großen Anzahl von Aufnahmen ausgesonderten besten Exemplare zusammengestellt. Die Aussonderung geschah immer vor dem Photometrieren nach folgenden Gesichtspunkten: 1. Die Schwärzungen der Linien mußten in dem für das Photometer günstigsten Schwärzungsbereich liegen. 2. Es durfte keinerlei kontinuierlicher Grund den Linien überlagert sein. Die Dampfdrucke in der dritten Spalte der Tabelle sind durch Interpolation aus vorliegenden Cäsiumdampfdruckmessungen gewonnen. In dem Gebiet von 0—80° C haben Langmuir und Kingdon[1]) Cäsiumdampfdrucke aus der Messung von positiven Ionenströmen eines glühenden Wolframdrahtes in Cäsiumdampf bestimmt. Bei der Glühdrahttemperatur von 1500° abs. werden alle Cäsiumatome, die auf den glühenden Wolframdraht treffen, ionisiert, so daß aus der Ionenstromstärke direkt auf die Zahl der Cäsiumteilchen im Kubikzentimeter, d. h. auf den Dampfdruck geschlossen werden kann. Cäsiumdampfdruckmessungen in dem Temperaturgebiet von 50—115° C sind von Scott[2]) nach der Methode des schwingenden Quarzfadenmanometers[3]) ausgeführt worden. Sie liegen in dem gemeinsamen Gebiet alle etwa um den Faktor 2,6 höher als Langmuirs Werte. Wahrscheinlich beruht diese Erhöhung darauf, daß das Cäsium beim Erhitzen Gase abgegeben hat, wodurch das vor dem Versuch für sich bestimmte Gasresiduum während des Versuchs erhöht wurde. Da Scott die Cäsiumdampfdrucke durch Differenzbildung aus den Messungen mit geheiztem und tief gekühltem Cäsium erhält, müssen seine Werte um den frei gewordenen Gasdruck zu hoch ausfallen. Bei höheren Temperaturen von 250—350° C sind Cäsiumdampfdrucke von Kröner[4]) gemessen. Die Meßgenauigkeit der angewandten Methode ist bei den tiefsten gemessenen Werten noch nicht befriedigend. Erst für die Drucke über 1 mm schätzt der Verf. sie auf 3—5 Proz. Die bei unseren Aufnahmen vorkommenden Dampf-

---

1) I. Langmuir u. K. H. Kingdon, Proc. Roy. Soc. London **107**. S. 61. 1925.

2) D. H. Scott, Phil. Mag. **47**. S. 32. 1924.

3) F. Haber und F. Kerschbaum, Ztschr. f. Electrochem. **20**. S. 296. 1914.

4) A. Kröner, Ann. d. Phys. **40**. S. 438. 1913.

drucke bei den Temperaturen von 101—130° wurden nach einer von Nernst angegebenen dreikonstantigen Formel ausgerechnet:

$$\log_{10} p = a - \frac{b}{T} - c\,T + 1{,}75 \log_{10} T .$$

Die drei Konstanten a, b, c wurden mit Hilfe von zwei Langmuirschen Werten und einem Krönerschen Wert (> 1 mm) bestimmt. Die Nernstsche Formel ist zwar nur eine Annäherungsformel, hat sich aber über große Temperaturbereiche bei anderen Stoffen gut bewährt. Außerdem stimmt ihr qualitativer Aufbau, was die Art der Temperaturabhängigkeit anbelangt, mit dem Integral der Clausius-Clapeyronschen Dampfdruckformel für einatomige Stoffe überein, so daß man ihr einen wohldefinierten physikalischen Sinn zubilligen kann. Die angelegte Spannung betrug unter Vorschalten eines Silitstabes von etwa 12000 Ohm als Sicherheitswiderstand 100, bei einer Serie von Aufnahmen 220 Volt. Die Stromstärke der Entladung ist in der vierten Spalte der Tabelle angeführt. Der Wolframglühdraht wurde bei den Aufnahmen mit einer Stromstärke von 1,4—1,6 Amp. geheizt, die einer Bleiakkumulatorenbatterie entnommen wurde. Die Belichtungszeiten variierten von 1—5 Minuten.

Tabelle 1

Platte	Temperatur in ° C	Dampfdruck in mm	Stromstärke in mA	I.V.	Mittelwert des I.V.
Cs_{4255} 7	101	$6{,}9 \cdot 10^{-4}$	2,1	3,12	
33	107	$1{,}0 \cdot 10^{-3}$	8,0	2,96	
			8,0	3,13	
			8,0	3,40	
			8,0	3,25	
			8,0	3,04	
			6,0	3,27	
34	107	$1{,}0 \cdot 10^{-3}$	8,0	3,02	3,12
			10,0	3,07	
			10,0	3,25	
			6,0	3,15	
			6,0	2,96	
			6,0	2,88	
30	115	$1{,}6 \cdot 10^{-3}$	4,6	2,84	
			4,6	3,09	
			4,6	2,85	
			4,1	2,98	2,90
			4,3	2,82	
			4,3	2,82	

Bei Erhöhung der Temperatur von 107° auf 115° C erhöht sich der Dampfdruck des Cäsiums auf das 1,6 fache, und das I.V. der Dublettkomponenten nimmt um etwa 7 Proz. ab. Das bedeutet, daß die Selbstabsorption noch nicht ganz vermieden ist. Bei noch niedrigeren Dampfdrucken konnte keine genügende Anzahl von Aufnahmen gemacht werden, da entweder die Entladung gar nicht zündete, oder aber so lange Belichtungszeiten und so hohe Glühdrahttemperaturen nötig waren, daß während einer Aufnahme sich die Beobachtungsstelle des Rohres durch zerstäubtes Wolfram schwärzte. Legte man 440 Volt Spannung an das Rohr, so ging zwar mehr Strom hindurch, aber ohne daß die Hauptserienlinien heller wurden. Dagegen trat eine Funkenlinie des Cäsiums $\lambda = 4604$ ÅE auf, die gerade an der betrachteten Stelle des Schlitzes, direkt unterhalb der Anode, die Hauptserienlinien beträchtlich an Intensität überwog. Es schien sich eine Art Anodenfall auszubilden, so daß vor der Anode die Stoßelektronen die Cäsiumatome sofort ionisierten. Es wurde eine Überschlagsrechnung mit Hilfe von Angaben über die Zahl der Ersatzresonatoren der betreffenden Linien in den Absorptionsmessungen von Füchtbauer und Hofmann[1]) nach der von Orthmann[2]) und Kunze[3]) angegebenen Methode durchgeführt. Sie ergab, daß das von Selbstabsorption freie I.V. den Wert 1 : 3,3 nicht überschreitet.

Das Cäsiumdublett $1s - 4p_1$, $\lambda = 3889$ ÅE; $1s - 4p_2$, $\lambda = 3877$ ÅE wurde in einem Temperaturbereich von 112 bis 130° C aufgenommen. Das entspricht einer Dampfdruckvariation um den Faktor 2,7. Die Belichtungszeiten lagen hier zwischen 10 Minuten und einer halben Stunde. Die vorletzte Spalte der Tab. 2 zeigt, daß die gemessenen I.V.-Werte keinen Gang mit dem Dampfdruck haben. Entsprechend der etwa 6 mal so geringen Stärke dieses Seriengliedes gegenüber $1s - 3p$[4]) darf der Dampfdruck bei dem Gliede $1s - 4p$ 6 mal so groß genommen werden, ohne daß Selbstabsorption merklich auftritt.

1) Chr. Füchtbauer u. W. Hofmann, a. a. O.
2) W. Orthmann, Ann. d. Phys. 78. S. 601. 1925.
3) P. Kunze, Ann. d. Phys. 85. S. 1013. 1928.
4) Chr. Füchtbauer u. W. Hofmann, a. a. O.

Tabelle 2

Platte	Temperatur in ° C	Dampfdruck in mm	Stromstärke in mA	I.V.	Mittelwert des I.V.
Cs_{3877} 12	112	$1{,}4 \cdot 10^{-3}$	2,5	4,44	
14	112		1,6	4,36	
15	112		1,6	4,66	
10	120	$2{,}2 \cdot 10^{-3}$	2,8	4,36	
11	125	$2{,}9 \cdot 10^{-3}$	4,0	4,58	4,56
			5,0	4,91	
			5,0	4,64	
21	126	$3{,}1 \cdot 10^{-3}$	16,0	4,50	
22	128	$3{,}4 \cdot 10^{-3}$	20,0	4,24	
19	130	$3{,}8 \cdot 10^{-3}$	25,0	4,91	

Zusammenfassung

Es wird das Intensitätsverhältnis der Dublettkomponenten an der 2. und 3. Hauptserienlinie des Cäsiums in Emission photographisch-photometrisch bestimmt. Als Lichtquelle diente ein Glühkathodenrohr, in dem das Cäsium im Hochvakuum ohne Zusatz von Fremdgasen verdampft wurde. Die photometrische Meßgenauigkeit wurde durch Einhalten gewisser Versuchsbedingungen nicht unwesentlich erhöht. Das zweite Glied der Cäsiumhauptserie zeigte noch einen geringen Gang des Intensitätsverhältnisses mit dem Dampfdruck, der durch Selbstabsorption verursacht wird. Eine Überschlagsrechnung gestattete die Meßresultate auf Selbstabsorptionsfreiheit zu extrapolieren. Es ergab sich somit das Intensitätsverhältnis 1 : 3,3. Das dritte Glied der Cäsiumhauptserie ergab bei einer Dampfdruckvariation um den Faktor 2,7 innerhalb der Meßgenauigkeit das konstante Intensitätsverhältnis 1 : 4,6.

Die vorliegende Arbeit wurde im Physikalischen Institut der Universität Rostock auf Anregung und unter Leitung von Hrn. Prof. Dr. Füchtbauer angefertigt. Es ist mir eine angenehme Pflicht, Hrn. Prof. Füchtbauer für sein stetes förderndes Interesse meinen aufrichtigsten Dank auszusprechen. Die Konstruktion des benutzten Spektrographen und des lichtelektrischen Photometers hat Hr. Privatdozent Dr. Waibel ausgeführt. Ich möchte ihm auch an dieser Stelle dafür wie für die häufige Überlassung des ihm persönlich gehörenden Photometers meinen herzlichsten Dank sagen.

Lebenslauf

Ich wurde am 10. April 1904 als Sohn des Studiendirektors Friedrich Franz Wolff in Rostock geboren. Ich bin mecklenburg-schwerinscher Staatsangehöriger und habe das evangelisch-lutherische Glaubensbekenntnis. Nach dreijährigem Besuch einer Privatvorschule besuchte ich das humanistische Gymnasium in Rostock und bestand am 17. Februar 1922 das Abiturientenexamen. Nach halbjähriger praktischer Ausbildung in den Maschinenwerkstätten der Rostocker Neptunwerft bezog ich die Technische Hochschule München, und widmete mich hier zwei Semester lang dem Studium des Maschinenbaufaches. Nachdem ich darauf drei Semester an der Universität München Mathematik, Physik und Chemie studiert hatte, ließ ich mich zum Sommersemester 1925 an der Universität Rostock immatrikulieren und erhielt im Anfang des Jahres 1926 im Physikalischen Institut der Universität eine Doktorarbeit. Am 1. April 1927 erhielt ich die 2. Assistentenstelle am Physikalischen Institut der Universität.